

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭56—94813

⑬ Int. Cl.³
H 03 H 9/21
9/05

識別記号

庁内整理番号
7190—5 J
6125—5 J

⑭ 公開 昭和56年(1981) 7 月31日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑮ 音叉型圧電振動子

号株式会社第二精工舎内

⑯ 特 願 昭54—173074

⑰ 出 願 人 株式会社第二精工舎
東京都江東区亀戸 6 丁目31番 1
号

⑱ 出 願 昭54(1979)12月27日

⑲ 発 明 者 佐藤弘親
東京都江東区亀戸 6 丁目31番 1

⑳ 代 理 人 弁理士 最上務

明 細 書

1. 発明の名称

音叉型圧電振動子

動子において、弾性部材・基部・振動腕からなる振動子は厚さが 500 μ 以下の圧電薄板よりリソグラフィックプロセスにより一体成形されたことを特徴とする音叉型圧電振動子。

2. 特許請求の範囲

(1) 基部と 2 本の振動腕を有する音叉型圧電振動子において、前記振動子の基部には前記振動腕の長手方向に対しほぼ垂直方向に長手方向を有する弾性部材が一個又は複数個前記基部と一体に設けられていることを特徴とする音叉型圧電振動子。

(2) 特許請求の範囲第 1 項記載の音叉型圧電振動子において、弾性部材は屈曲振動を行ない、前記振動が振動部と共振するような寸法を有していることを特徴とする音叉型圧電振動子。

(3) 特許請求の範囲第 1 項記載の音叉型圧電振動子において、弾性部材は基部の側部又は端部に設けられていることを特徴とする音叉型圧電振動子。

(4) 特許請求の範囲第 1 項記載の音叉型圧電振動子

3. 発明の詳細な説明

本発明は音叉型圧電振動子の構造に関する。

本発明の目的は、比較的低い共振周波数を有する音叉型圧電振動子の形状を改善することにより音叉基部より外部へ漏れる振動のエネルギーを小さくすることにある。

原子時計に多用されている圧電振動子はほとんどが音叉型屈曲振動モード水晶振動子である。この振動子は周波数—温度特性を除けば非常に優れた特徴を持っているが、音叉の設計の都合により 2 本の振動腕を短くしなければならない時には音叉基部での振動エネルギーがかなり外部へ漏れてしまうという問題が生じてくる。また現在電子時計の高精度化が望まれているが(即ち現在十〜数十秒/月のものを数秒/年程度にすること)この場合

注目される技術として音叉型屈曲振動モード水晶振動子の周波数-温度特性を改善する目的で屈曲振動モードにねじれ振動モードを弾性的に結合させた音叉型屈曲-ねじれ振動モード水晶振動子（以下F-T振動子と称する）が提案されている。この振動子は周波数-温度特性は非常に優れているにもかかわらずねじれモードによる変位成分が音叉基部でも非常に大きく振動子を支持・固定する際に生じる基部での振動エネルギーの外部へ漏れる現象が大きな問題点であった。このエネルギー漏れによる等価抵抗・周波数経時変化の増大は現在のところ致命的であり、F-T振動子はこのために未だ実用化されていない。以下図面で説明する。

第1図は従来の音叉型屈曲振動モード水晶振動子の振動腕が短い場合の変位分布を示し、第2図では従来のF-T水晶振動子の変位分布を示す。なお、それぞれの図で示されるX、Y、Z軸はそれぞれ水晶の電氣軸、機械軸、光軸を表わしており、'（プライム）は回転した後の状態であるこ

- 3 -

本発明は以上のように音叉基部でのエネルギーロスを極力押さえるために発案されたものでありその思想は基部形状の改善によりエネルギーロスを押さえようとするものである。

以下本発明を実施例を示しながら説明していく。

第3図は本発明の音叉型屈曲振動子の実施例である。簡単のために本発明とけあまり関係のない励振用電極等は省略してある。第3図において、音叉型屈曲振動子21は振動腕2本よりなる振動部22と基部23により構成されており、更に基部23には縮少部分24、振動部22と連動する弾性部材25、更に弾性部材25の両端で接続されている部材26、及び支持材等に支持固定される支持腕27が一体に設けられている。理論計算によるとこのような形状の振動子は、適当な寸法を決定してやることにより振動腕22での変位が支持腕27にはほとんど伝わらなくなることがわかった。例えば振動子21が屈曲振動する場合、その破線29上で測定した相対変位分布はX方向及びY'方向変位成分がそれぞれ31及び33、また

- 5 -

とを示す。第1図では、2本の振動腕2と基部3とからなる振動子1は屈曲振動（矢印4）をしており、振動腕の辺比は1/5程度と短くなっている（通常は1/10程度）。このときの破線10上の相対変位分布はX方向変位成分が実線6、Y'方向変位成分は破線7のようになっており振動腕最大変位量に対する比は、Y'方向変位成分の場合に、基部3の端部11では $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 程度である。一方第2図に示すF-T水晶振動子1は、2本の振動腕2と基部3とから構成されており屈曲振動（矢印4）とねじれ振動（矢印5）とが弾性結合しており、このときの破線10上の相対変位分布はX方向変位成分が実線8、Z'方向変位成分が破線9となっており、この場合にも基部変位は大きく最大変位量に対する基部端部11での変位量はその成分も $10^{-2} \sim 10^{-3}$ ほどである。第1図及び第2図の例でもどちらも最大変位量に対する基部端部変位量は 10^{-3} が望まれるものであるから従来は非常に大きく、基部でのエネルギーロスは非常に大であった。

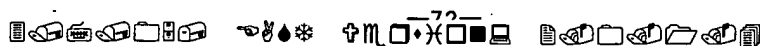
- 4 -

振動子21がF-T振動子である場合にはX方向Y'方向、及びZ'方向変位成分はそれぞれ31、33、32となりどちらの場合にも支持腕27での変位と振動腕22での最大辺比との比が 10^{-5} 以下となり大巾に改善されていることがわかる。原理を詳細に説明する。振動腕22での変位量は基部23ではかなり小さくなるが充分ではない。基部23での変位が縮少部分24でほぼY'方向とZ'方向変位成分のみが伝わり（X方向変位成分は、基部中央部でゼロとなるため）、弾性部材25を微小な屈曲振動させる。この時、第3図の24、25、26、27を拡大して示した第4図において弾性部材25が振動部と共振するべく寸法L、W等を決定するならば、振動部の振動は弾性部材25で反射される形となり部材26や支持腕27には伝わらなくなる。つまり第4図において、弾性部材25の長さLと巾W、及び振動子の共振周波数fとの関係が、

$$f = \frac{\lambda^2}{4\sqrt{3}\pi} \cdot \frac{W}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここで E：弾性部材長手方向のヤング率

- 6 -



ρ : 密度

λ : 境界条件による定数

固定-固定 $\lambda = 4.73, 7.85, \dots$

(自由-自由)

固定-自由 $\lambda = 1.88, 4.69, \dots$

支持-支持 $\lambda = \pi, 2\pi, \dots$

となるように L, W を決定すれば支持腕 27 にはほとんど振動が伝わらないことになる。ところで λ の値は条件によりかなり変化するが、適切な条件を選定すれば何ら問題はない。実際の構造は図 4 図より複雑であり、近似的な上式より求める L と W の値はずれてくることがあるが、その差は大体 20% 以内である。なお厚み方向変位成分 (Z 方向) は弾性部材 25 から部材 26 へ伝わる間に著しく減衰していくので支持腕 27 では、ほとんど問題とならない。これらのことは第 3 図の変位分布曲線 31, 32, 33 を見ても明らかであるが、更に明確にするために振動子 21 が屈曲振動の場合のモード図を第 5 図に示しておく。モード図 36 原形図は 35 で示してある。弾性部材 25 での屈

- 7 -

に設けた弾性部材 25 により接続されている。支持棒 40 と同形状の上・下フタを半田等により振動子を封止するタイプであるが、従来この種の振動子ユニットはエネルギーロスが大であるため、さほど使用されていなかった。このユニットに対する本発明の意義は大なるものがある。

本発明の他の実施例を第 9 図に示す。第 9 図は第 3 図における実施例の縮少部 24 がない場合に相当し、スペース的に相当有利となっている。第 9 図で、弾性部材 25 はこの屈曲振動の近似式である (1) 式を満足し、支持は支持腕 27 で行なう。この例での心配は巾方向変位成分を伝えにくくする働きを持つ縮少部がないことにあるが計算によると第 3 図の例よりけ悪いが、それでも他の変位成分 (即ち厚み方向や長手方向変位成分) と同程度であることがわかり大きな問題とはならない。

以上本発明を説明してきたが、その効果をまとめると次のようになる。

- (1) 支持腕で変位が非常に小さいために、支持材に漏れるエネルギーが小さくなり、等価抵

抗振動、支持腕でほとんど動かないことが視覚的によくわかるであろう。

なお振動子は板厚が 500 μ 以下であればリソグラフィックプロセスにより機械加工では不可能な形状を精度良く出すことができるだけでなく、パッチ処理により大量生産が可能である。

本発明の他の実施例を第 6 図に示す。基部 23 には振動腕 22 と垂直方向に長手方向を有しており、先端に支持部 27 を有した弾性部材 25 が、2 個設けられており、この場合には第 3 図の実施例とは異なり弾性部材 25 の一端を節点にするのであるから、(1) 式の λ は当然第 3 図の場合とは異なり、例えば $\lambda = 4.69$ のような値を用いることになる。この時のモード図は第 7 図に示すように原形図 (実線 35) に対して破線 36 のようになり支持部 27 でほとんど変位しないのが良くわかる。なお第 6 図の形状は振動子と支持棒が一体になった第 8 図の例に用いられる場合、非常に有効であろう。即ち第 8 図に示すように振動子 21 は振動子と一体成形された支持棒 40 と基部 25 の側面

- 8 -

抗や周波数経時変化がかなり改善される。

- (2) 振動部と支持部とが全く分離された形になるので、支持の作業に気を使わずにすみ、また強固に支持できるので耐衝撃性も向上する。
- (2) リソグラフィックプロセスで成形するので精度良く大量生産できる。

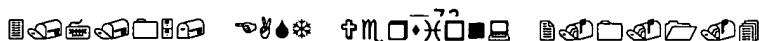
本発明の効果は大なるものがあり、その工業的価値は高い。

4. 図面の簡単な説明

第 1 図は従来の屈曲振動モード音叉型振動子の形状・振動モードを示す平面図とその変位分布を示す図を表わしている。

第 2 図は従来の屈曲-ねじれ振動モード音叉型振動子の形状・振動モードを示す平面図とその変位分布を示す図を表わしている。

第 3 図は本発明の一実施例を示す音叉型水晶振動子を示す平面図とその変位分布を示す図を表わしており、第 4 図は第 3 図の一部を拡大した状態を示す平面図である。



第 5 図は本発明の音叉型水晶振動子の振動モードを示す平面図である。

第6図は本発明の他の一実施例を示す音叉型水晶振動子を示す平面図を表わし、第7図は第6図の振動子の振動モードを示す平面図であり、第8図は第6図の振動子の応用例を示す平面図である。

第 9 図は本発明の他の一実施例を示す音叉型水晶振動子を示す平面図である。

- 2 1 …… 音叉型振動子
2 2 …… 振動腕
2 3 …… 音叉基部
2 4 …… 縮少部
2 5 …… 彈性部材
2 7 …… 支持腕
3 1, 3 2, 3 3 …… 姿位分布曲線

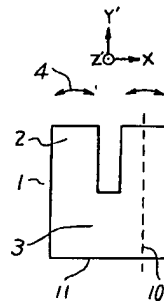
以 上

出願人 株式会社 第二精工舎

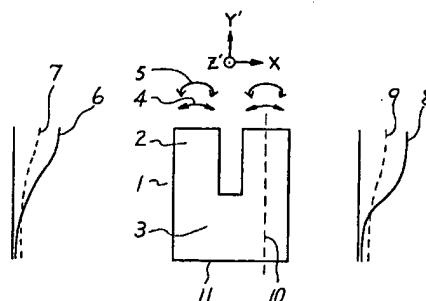
代理人 弁理士 最上 務

- 11 -

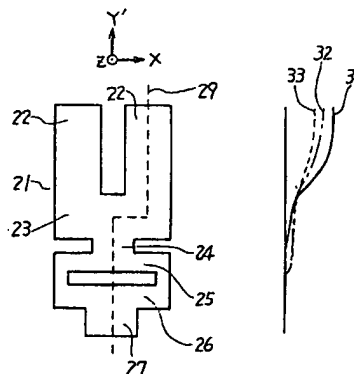
第 1 圖



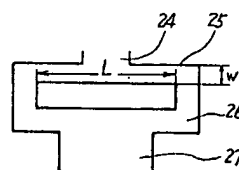
第 2 回



第 3 図



第4回



PAT-NO: JP356094813A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 56094813 A
TITLE: TUNING FORK TYPE PIEZOELECTRIC OSCILLATOR
PUBN-DATE: July 31, 1981

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
SATO, HIROCHIKA

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
SEIKO INSTR & ELECTRONICS LTD N/A

APPL-NO: JP54173074

APPL-DATE: December 27, 1979

INT-CL (IPC): H03H009/21, H03H009/05

US-CL-CURRENT: 310/370, 333/150

ABSTRACT:

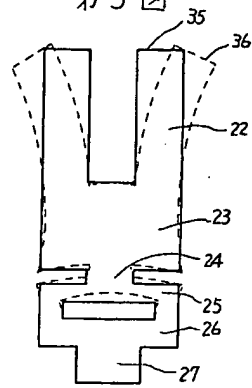
PURPOSE: To reduce the energy of oscillation leaking outside from the tuning fork basement, by providing an elastic member having its longer direction almost vertical to the longer direction of the oscillating arm at the basement of the oscillator and in one a body with the basement.

CONSTITUTION: The tuning fork type piezoelectric oscillator 21 consists of the oscillating part 22 formed by two pieces of oscillating arms and the basement 23. The elastic member 25 interlocking the contraction part 24 and the oscillating part 22, the member 26 connected across the member 25 and the support arm 27 which is supported and fixed to a supporting member are provided

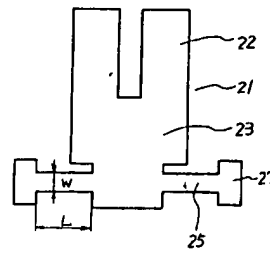
in a body to the basement 23. Only the Y' and Z' direction displacement component are transmitted at the part 24 for the displacement of the basement 23, and thus the member 25 is moved in a minute flexion oscillation. The size with which the member 25 resonates with the oscillating part is decided, and thus the oscillation of the oscillating part is reflected by the member 25 and not transmitted to the member 26 and the arm 27.

COPYRIGHT: (C)1981,JPO&Japio

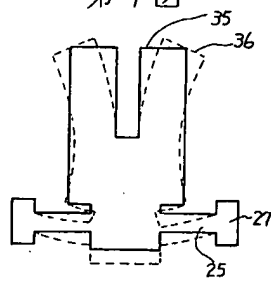
第5図



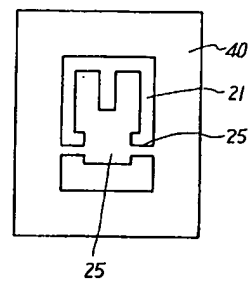
第6図



第7図



第8図



第9図

